



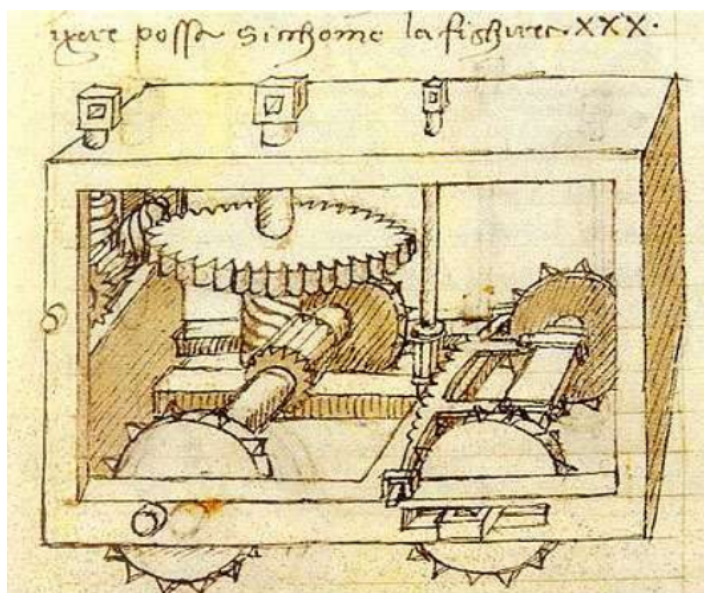
4. Po co nam przekładnie?

Łukasz Chodoła

4.1 Wprowadzenie

Przekładnie zaliczane są do tych wynalazków, które zmieniły dzieje historii. Można uznać, że ich historia jest powiązana z odkryciem koła. Miejsce i czas pierwszego zastosowania przekładni nie są ustalone. Pierwsze z nich, najprawdopodobniej cierne (koła przekładni stykają się ze sobą), były wykonane z drewna. II w. p.n.e. to okres, w którym przekładnie zębate znalazły wiele zastosowań. W Europie można je było spotkać w starożytnej Grecji, natomiast w Azji informacje na temat rydwanów z zamontowanymi przekładniami mechanicznymi pojawiły się ok. III w. p.n.e. Historia mówi o wielu konstrukcjach, w których zastosowano przekładnie zębate. Jedną z najciekawszych był krokomierz - urządzenie służące do pomiaru długości pokonanej drogi. Zbudowany był w kształcie skrzyni umieszczonej na dwóch kołach, wewnątrz której umieszczono przekładnie napędzane od kół jezdnych. Leonardo da Vinci stworzył wiele szkiców przekładni zębatach, takich jak przekładnie walcowe, stożkowe, ślimakowe, śrubowe czy stożkowe. Przykładowy szkic jednej z nich przedstawia rysunek 4.1.

Wynalezienie maszyny parowej, na przełomie XVIII i XIX wieku, przyniosło znaczny postęp w rozwoju przekładni, lecz ich gwałtowny rozwój oraz zastosowania kół przekładni zębatach przypadł na początek XX wieku n.e., wraz z wynalezieniem materiałów narzędziowych. Ra-



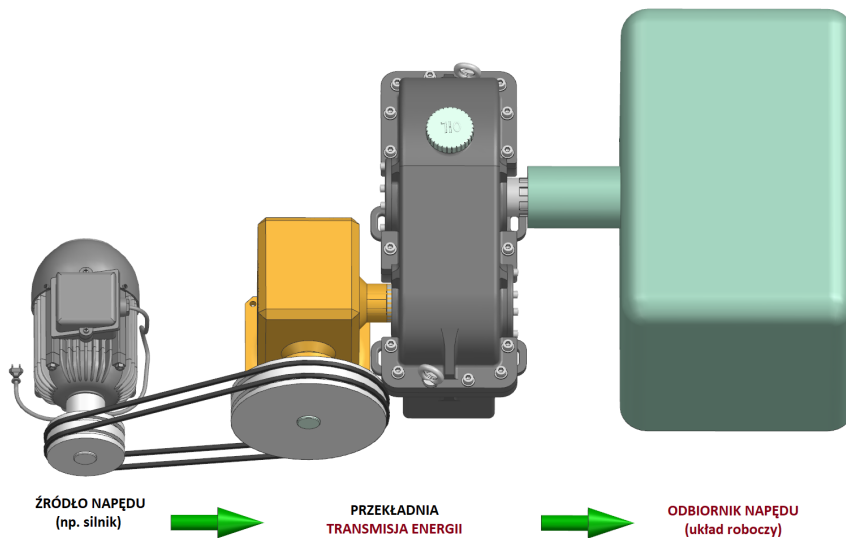
Rysunek 4.1: Przykładowy szkic wykonany przez Leonarda da Vinci jednej z pierwszych udokumentowanych przekładni

zem z rozwojem techniki pojawiały się przekładnie o bardziej złożonych konstrukcjach, tj. elektrycznych, hydraulicznych i pneumatycznych. Nie zagroziły one jednak pozycji przekładni mechanicznych. W przekładniach tych energia przenoszona jest pośrednio, po wcześniejszym przekształceniu, odpowiednio w energię elektryczną lub hydrauliczną.

Analizując historię przekładni, można stwierdzić, że ich zasada działania się nie zmieniła, dokonano jedynie niewielkich modyfikacji w ich konstrukcji. Przekładnie mechaniczne należą do najbardziej niezawodnych, a zarazem skutecznych układów przeniesienia napędu. Przekładnie mechaniczne stosowane są niemal we wszystkich gałęziach przemysłu, w branży maszynowej, lotnictwie, energetyce, systemie transportu itp.

4.2 Budowa i zasada działania przekładni

Definicja 4.1 — Przekładnia. Jest to mechanizm lub układ maszyn służący do przeniesienia ruchu z elementu czynnego (napędowego) na bierny (napędzany) z jednoczesną zmianą parametrów ruchu, czyli prędkości i siły lub momentu siły. Schemat zabudowy przekładni w układzie napędowym przedstawia rysunek 4.2.



Rysunek 4.2: Schemat ideowy zabudowy przekładni

Cechą charakterystyczną przekładni jest występowanie dwóch lub więcej - najczęściej obrotowych - elementów, których ruch względem siebie umożliwia przenoszenie energii. Zmiana parametrów transferowanej mocy jest możliwa poprzez zmianę np. średnicy koła zębatego lub liczby zębów (w przypadku przekładni zębatych).

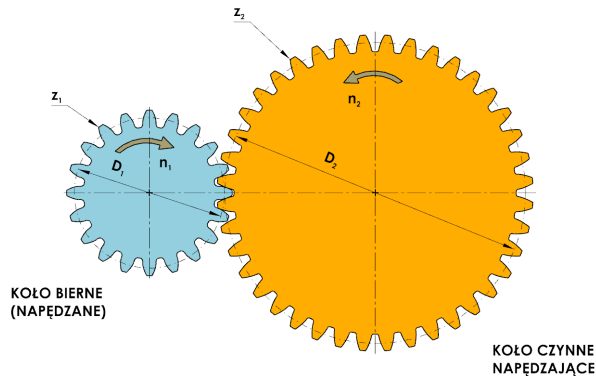
Podstawowym parametrem każdej przekładni zębatej jest przełożenie. Wyróżniamy przełożenie **geometryczne**, **kinematyczne** i **dynamiczne**. Przełożenie jest parametrem bezwymiarowym, czyli nie mającym jednostki. Wzory do obliczania wymienionych przełożeń dla przekładni (rys. 4.3) przedstawiono poniżej.

$$i_g \text{ (przełożenie geometryczne)} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\text{średnica koła napędzanego}}{\text{średnica koła napędzającego}}$$

$$i_g \text{ (przełożenie geometryczne)} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{\text{liczba zębów koła napędzanego}}{\text{liczba zębów koła napędzającego}}$$

$$i_k \text{ (przełożenie kinematyczne)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{prędkość obrotowa koła napędzającego}}{\text{prędkość obrotowa koła napędzanego}}$$

$$i_d \text{ (przełożenie dynamiczne)} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\text{moment obrotowy koła napędzanego}}{\text{moment obrotowy koła napędzającego}}$$



Rysunek 4.3: Budowa i zasada działania przekładni zębatej

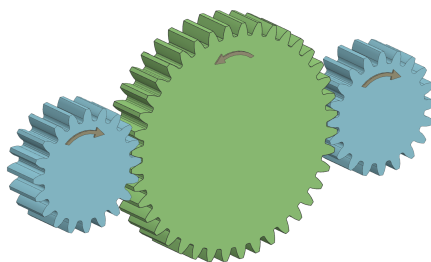
Przekładnia może być:

- Multiplikatorem (przekładnia multiplikująca) - gdy człon napędzany obraca lub porusza się z większą prędkością, niż człon napędzający. Koło napędzane musi być zawsze mniejsze od koła napędzającego.
- Reduktorem (przekładnia redukująca) - gdy człon napędzany obraca lub porusza się z mniejszą prędkością, niż człon napędzający. Koło napędzające musi mieć większą średnicę od koła napędzającego

Przekładnie przekazują napęd na dwa podstawowe sposoby: bezpośrednio lub pośrednio. W pierwszym przypadku transfer energii odbywa się pomiędzy dwoma lub więcej komponentami, bez elementów pośredniczących (np. przekładnia cierna czy zębata). W drugim przypadku do przeniesienia napędu niezbędny jest dodatkowy element (ciągnio, łańcuch), który umożliwia zwiększenie odległości między układem roboczym a silnikiem.

W każdym z tych przypadków energia mechaniczna przekazywana jest bezpośrednio, bez przekształcania w inny rodzaj energii (hydrauliczną, elektryczną), aby na końcu układu ponownie zamienić ją w energię mechaniczną. Znacznie zwiększa to niezawodność tego typu mechanizmów, ale też może prowadzić do dużych strat mocy wskutek niskiej sprawności poszczególnych z nich. Największe straty wykazują przekładnie cierne (w tym pasowe), w których napęd przenoszony jest przez tarcie między dwoma elementami. Wyższą sprawnością cechują się przekładnie kształtowe (łańcuchowe, zębate), w których poszcze-

gólne elementy zazębiają się ze sobą, co ogranicza ich ślizganie się, m.in. przy dużych obciążeniach układu.



Rysunek 4.4: Schemat przekładni wielostopniowej

Do podstawowych funkcji przekładni mechanicznych zaliczamy zmienianie kierunku ruchu obrotowego, a w przypadku przekładni pośrednich (z ciągnem) przenoszenie energii na odległość. Dzięki połączeniu kilku przekładni, można tworzyć złożone mechanizmy z funkcją regulacji momentu obrotowego i prędkości. Zastosowanie listwy zębatej, umożliwia zmianę ruchu obrotowego na liniowy i odwrotnie.

Na podstawie wymienionych funkcji można określić sytuacje, w których zastosowanie przekładni okazuje się pożądane lub konieczne. Lista wymagań stanowi podstawowe narzędzie pracy konstruktorów, pozwalając na wstępie odpowiedzieć na pytanie: po co nam przekładnie? Potrzeba zastosowania przekładni podyktowana jest wymaganiami:

- a) funkcjonalnymi:
 - uzyskanie większego momentu obrotowego, niż jest w stanie wytworzyć silnik;
 - zmiana kierunku obrotów maszyny;
 - wymagane dostosowanie prędkości obrotowej silnika (napędu) do maszyny roboczej;
- b) ekonomicznymi:
 - możliwość zastosowania jednego zespołu napędowego do wielu układów roboczych;
 - możliwość zastosowania korzystniejszego, pod względem finansowym, silnika z przekładnią wielostopniową dla uzyskania znacznego zakresu prędkości maszyny roboczej;
- c) konstrukcyjnymi:
 - możliwość przenoszenia napędu na pewną odległość, silnik może być oddalony od układu roboczego;
 - zmiana gabarytów maszyny poprzez ustawienie silnika w określonej pozycji.

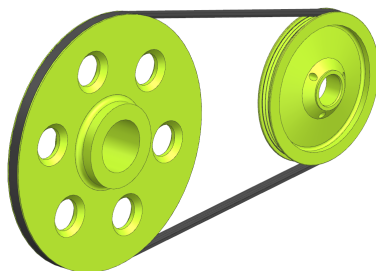
4.3 Rodzaje przekładni

Przekładnie mechaniczne

To przekładnie, w których zastosowano połączenia mechaniczne celem uzyskania transmisji mocy i zmiany parametrów ruchu. Wśród przekładni mechanicznych wyróżniamy przekładnie **ciągnowe**, **cierne**, **zębate** oraz **śrubowe**.

Przekładnie ciągnowe

- **Przekładnie pasowe** (rys. 4.5) przenoszą energię z wykorzystaniem elementu pośredniego pasa napędowego. Najprostsze konstrukcje bazują na pasach płaskich. W aplikacjach przemysłowych zostały w większości zastąpione pasami klinowymi o przekroju trapezoidalnym. Te ostatnie są wysoko cenione zarówno za możliwość przenoszenia dużych mocy, jak i funkcję sprzęgła poślizgowego, chroniącego wrażliwe elementy układu napędowego przed przeciążeniem. Choć umożliwiają kontrolowany poślizg, dzięki dopasowanemu kształtowi pasa i koła pasowego, wykazują znacznie większą sprawność, niż przekładnie z pasem płaskim i dlatego stosowane są powszechnie zarówno w maszynach przemysłowych, jak i w napędach pojazdów.



Rysunek 4.5: Przekładnia pasowa

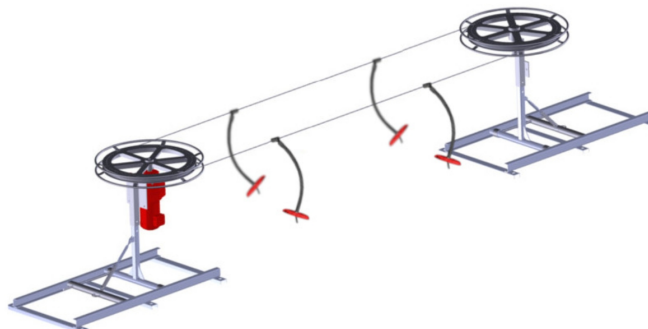
- **Przekładnie łańcuchowe** funkcję ciągną pełni łańcuch, umożliwiając przenoszenie napędu na znaczne odległości. Niewątpliwą zaletą takiego rozwiązania jest brak poślizgu i duża wytrzymałość, uzyskiwane dzięki współpracy łańcucha z dopasowanym do niego zębatym kołem łańcuchowym. Choć łańcuch może występować w dwóch wersjach: pierścieniowej i drabinkowej, w praktyce ta pierwsza stosowana jest bardzo rzadko, głównie w mechanizmach wolnobieżnych o dużym obciążeniu (np. dźwignikach). Jej



Rysunek 4.6: Przekładnia łańcuchowa

wadą jest bowiem skomplikowana konstrukcja koła łańcuchowego, która znacznie ogranicza dopuszczalną prędkość mechanizmu, a jednocześnie sprzyja jego hałaśliwości i nierównomiernej pracy. W przeciwieństwie do niej, łańcuch drabinkowy, stosowany powszechnie w napędach rowerów (rys. 4.6) i motocykli – umożliwia znaczne uproszczenie geometrii koła łańcuchowego, co z kolei zmniejsza awaryjność i hałaśliwość oraz zwiększa dopuszczalną prędkość układu.

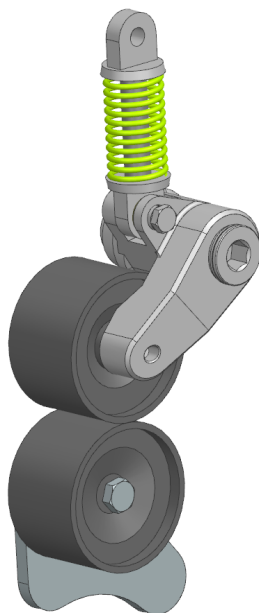
- **Przekładnia linowa** (rys. 4.7) to przekładnia, w której cięgnem jest lina. Przekładnie linowe znajdują zastosowanie w przypadkach, gdy moc przenoszona jest na większą odległość (od kilku do kilkunastu metrów), przy dużych obciążeniach i stosunkowo niskich prędkościach. Geometria przekładni linowej jest podobna do geometrii przekładni pasowej.



Rysunek 4.7: Przekładnia linowa

Przekładnie cierne

Są to przekładnie, w których napęd przenoszony jest dzięki sile tarcia, powstającej między dwoma dociskanymi do siebie elementami, z których co najmniej jeden pozostaje w ruchu. Ponieważ nie występuje między nimi element pośredni (ciągno), są jednak odporne na przeciążenia mechaniczne, dzięki czemu są chętnie stosowane we wrażliwych lub mocno używanych układach. Przekładnie cierne (rys. 4.8) można podzielić na dwie podstawowe grupy: bezpośrednie i pośrednie (pasowe). Pierwsza z nich obejmuje maszyny, w których napęd przenoszony jest dzięki sile tarcia powstającej między dwoma dociskanymi do siebie elementami, z których co najmniej jeden pozostaje w ruchu.

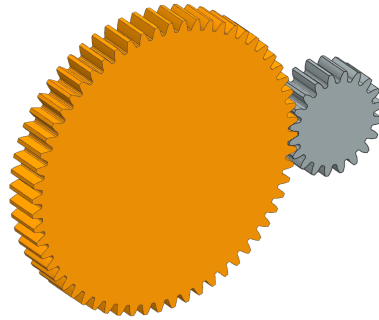


Rysunek 4.8: Przekładnia cierna

Przekładnie zębate

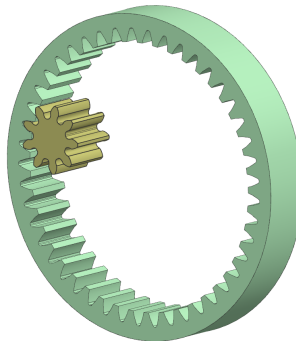
Najczęściej stosowanym typem przekładni mechanicznych są przekładnie zębate. Ich popularność wynika głównie z prostej konstrukcji i wysokiej sprawności (dochodzącej do 98%).

Są idealnym rozwiązaniem dla branży maszynowej, jak i wielu innych gałęzi przemysłu – począwszy od motoryzacji, w której przekładnie zębate stanowią podstawowy element skrzyni biegów, a na budownictwie i rolnictwie kończąc.



Rysunek 4.9: Przekładnia walcowa o zazębieniu zewnętrznym

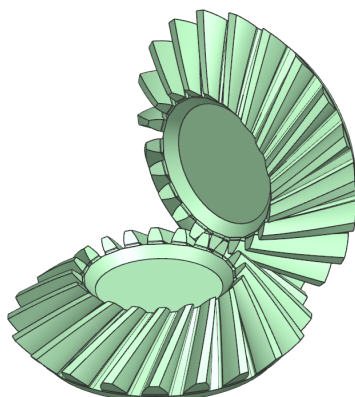
Najpopularniejszym typem przekładni zębatych są te posiadające uzębienie zewnętrzne (rys. 4.9), w których koła zębate o kształcie walcowym zazębiają się od strony zewnętrznej, poruszając się po równoległych osiach. Znane są też przekładnie o zazębieniu wewnętrznym (rys. 4.10).



Rysunek 4.10: Przekładnia walcowa o zazębieniu wewnętrznym

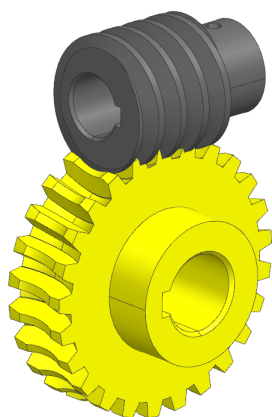
Układy tego typu występują prawie w każdym urządzeniu mechanicznym zarówno w wersji jednostopniowej, jak i wielostopniowej (rys. 4.5). Przekładnie wielostopniowe umożliwiają uzyskanie stosunkowo dużych przełożeń przy zachowaniu niewielkich gabarytów mechanizmu. Słabością tego typu przekładni jest przenoszenie napędu na dużą odległość.

- **Przekładnia stożkowa** (rys. 4.11) to przekładnia, w której zęby kół zębatych przybierają kształt stożków o stałej lub zmiennej wysokości. Przekładnie te stosowane są wszędzie tam gdzie trzeba zmienić kierunek przekazania mocy (najczęściej pod kątem 90°).



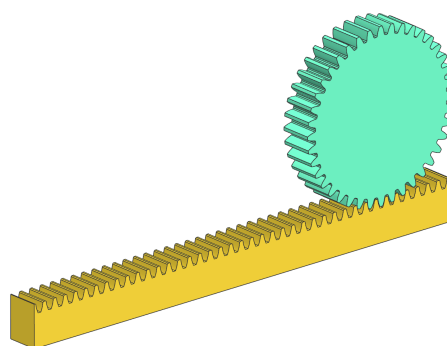
Rysunek 4.11: Przekładnia stożkowa

- **Przekładnia ślimakowa** (rys. 4.12) zbudowana jest z koła zębatego i ślimaka (wirnik śrubowy z gwintem trapezowym). Elementy usytuowane są względem siebie prostopadle, lecz w dwóch innych płaszczyznach. Przekładnie te przenoszą ruch obrotowy z jednej płaszczyzny na drugą pod kątem 90° . Przekładnia taka stosowana jest, m.in. w układach kierowniczych pojazdów, napędach wycieraczek samochodowych itp.



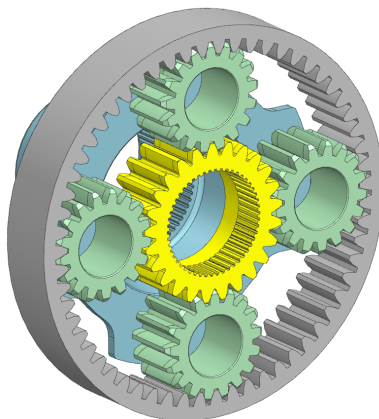
Rysunek 4.12: Przekładnia ślimakowa

- **Przekładnia zębata liniowa** (rys. 4.13) składa się z listwy zębatej i koła zębatego. W takich mechanizmach ruch obrotowy zamieniany jest na liniowy lub odwrotnie. Najbardziej typowym przykładem zastosowania przekładni z listwową zębatą są automatyczne bramy przesuwne.



Rysunek 4.13: Przekładnia zębata liniowa

- **Przekładnia planetarna (obiegowa)** (rys. 4.14) ma najbardziej skomplikowaną konstrukcję wśród przekładni jednostopniowych. Zastosowanie tego typu przekładni pozwala uzyskać



Rysunek 4.14: Przekładnia planetarna

większe przełożenie niż w przypadku tradycyjnej przekładni zębatej. Składa się ona z dwóch współosiowych kół centralnych o uzębieniu wewnętrznym i zewnętrznym, oraz satelitów (koła zębate o kolorze zielonym rysunek 4.14) połączonych jarzmem.

Napęd może być przenoszony na trzy sposoby: z koła zewnętrznego na jarzmo (przy nieruchomym kole wewnętrznym), z koła zewnętrznego na wewnętrzne (przy nieruchomym jarzmie) oraz z koła wewnętrznego na jarzmo (przy nieruchomym kole zewnętrznym).

Przekładnie śrubowe

Przekładnia śrubowa (rys. 4.15) jest przekładnią mechaniczną, złożoną z śruby i nakrętki. W przekładni tej zamianie ulega ruch obrotowy jednego z jej elementów na ruch liniowy. Przekładnia taka, stosowana jest w imadłach, opaskach zaciskowych ze śrubą, mechanicznych podnośnikach samochodowych itp.



Rysunek 4.15: Przykład przekładni śrubowej

Przekładnie elektryczne

Przekładnia elektryczna to przekładnia składająca się z prądnicy, silnika elektrycznego oraz układu regulacji. Konstrukcja pierwsza: energia mechaniczna dostarczana do prądnicy, zamieniana jest na prąd elektryczny, podlegający regulacji, dalej przekształcony na energię mechaniczną w silniku elektrycznym. Takie przekładnie elektryczne stosowane są w nowoczesnych pojazdach z napędem hybrydowym (rys. 4.16). Konstrukcja druga: energia elektryczna dostarczana jest od silnika elektrycznego, połączonego mechanicznie z prądnicą która wytwarza napięcie elektryczne. Takie przekładnie elektryczne stosowane są w starszych rozwiązaniach spawarek elektrycznych. Dużo bardziej złożone konstrukcyjnie, a tym samym podatne na awarię, przekładnie

hydrauliczne i elektryczne pozostały domeną wybranych sektorów – głównie motoryzacji (samochody elektryczne, automatyczne skrzynie biegów) i przemysłu kolejowego (lokomotywy spalinowe).



Rysunek 4.16: Przekładnie elektryczne zastosowane w osiach napędowych samochodu

Przekładnie hydrauliczne

Przekładnia hydrauliczna - szczególny rodzaj przekładni, w której wejściowa energia mechaniczna przekazywana jest na wyjście, z pośrednimi etapami przemiany energii mechanicznej na hydrauliczną, a następnie hydraulicznej na mechaniczną. Przykładowy pojazd, w którym zastosowano przekładnie hydrauliczne przedstawiono na rysunku 4.17.



Rysunek 4.17: Przykładowy pojazd specjalistyczny z zastosowanymi napędem hydraulicznym w układzie roboczym

Przekładnie pneumatyczne

Przekładnia pneumatyczna przetwarza energię sprężonego powietrza lub podobnego gazu na ruch postępowy lub obrotowy. Przekładnie pneumatyczne stosowane są w drobnych narzędziach warsztatowych (rys. 4.18), np. klucze pneumatyczne, wiertarki, szlifierki itp.



Rysunek 4.18: Przykładowe narzędzia z zastosowaną przekładnią pneumatyczną

4.4 Ćwiczenia

Podaj nazwy przekładni przedstawionych poniżej na zdjęciach oraz określ ich miejsce zastosowania.



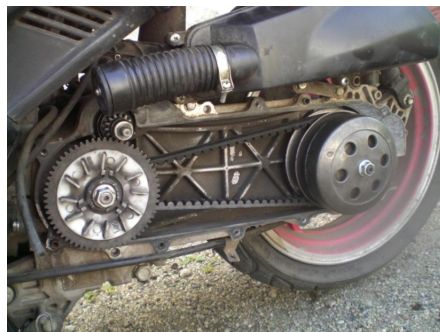
Rysunek 4.19: a).....



Rysunek 4.20: b).....



Rysunek 4.21: c).....



Rysunek 4.22: d).....

